

平成 27 年度事後事業評価書

政策所管部局課室名：総合通信基盤局電波部電波環境課

評価年月：平成 27 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

次世代無線通信測定技術の研究開発（拡充）
100GHz 超帯域無線信号の高精度測定技術の研究開発

2 研究開発の概要等

（1）研究開発の概要

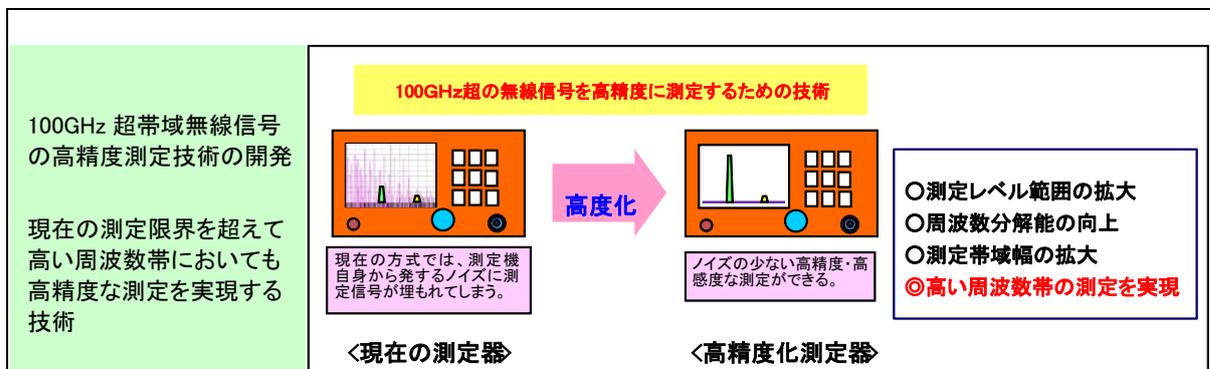
- ・実施期間 平成 23 年度～平成 26 年度（4 か年）
- ・実施主体 民間企業
- ・事業費 1,481 百万円

平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	総 額
350 百万円	360 百万円	410 百万円	361 百万円	1,481 百万円

・概要

100GHz 超の周波数帯域の微小なスプリアス信号*を含めた無線信号を高精度かつ高効率に測定するために必要な次の技術を実現するための研究開発を行う。

※送信機から発射される無線信号のうち、高調波、低調波、寄生振動などによって発生する目的外の無線信号（帯域外発射は除く）



技術の種類	技術の概要
100GHz 超無線信号の周波数変換技術	イメージ応答（映像周波数信号による妨害）を抑制しつつ、100GHz 超の帯域において低変換損失と、数十 GHz 幅以上の広帯域信号の中間周波数（汎用測定器で測定可能な 40GHz 以下の周波数帯）への変換を実現する高周波・広帯域ミキサ（混合器）及び前置フィルタ等によって構成される周波数変換器技術を確立する。また、周波数変換器の評価系を構築し、周波数変換器の特性を評価する。
100GHz 超の局部発振信号発生技術及び高安定基準信号発生技術	100GHz 超の帯域の被測定信号を汎用測定器で測定可能な中間周波数に変換する上で必要となる高安定な局部発振信号を発生させるため、位相雑音が抑制された 100GHz 超のミリ波が出力可能な局部発振信号発生器とそのベースとなる高安定基準信号発生器を実現する。
スペクトラム解析技術	汎用測定器及び被測定無線機器等との接続技術、並びに①、②で得られた研究開発技術を統合化し、100GHz 超帯の無線信号の周波数解析実現のための検証を行う。

技術の種類	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
100GHz 超無線信号の周波数変換技術		フィルタ技術の開発・評価	→	
		周波数変換技術の開発・評価	→	
		広帯域高周波ミキサの開発・評価	→	
100GHz 超の局部発振信号発生技術及び高安定基準信号発生技術		変調信号発生技術の開発・評価	→	
		低位相雑音発生器の開発・評価	→	
		基準周波数源（水銀イオンクロック）の開発・評価	→	
スペクトラム解析技術		スペクトラム測定系の構築・評価	→	
		キャリブレーションシステムの開発・評価	→	
				総合評価

(2) 達成目標

本研究開発は、電波利用ニーズの高まり等によるミリ波帯等の高い周波数への移行の促進と、当該周波数において電波の有効利用のために複数無線システムを稠密に配置することを目的として、100GHz 超の帯域（100GHz から 140GHz の周波数帯）の微小なスプリアス信号を含めた無線信号を高精度かつ高効率に測定するために必要な技術（100GHz 超無線信号の周波数変換技術 100GHz 超の局部発振信号発生技術及び高安定基準信号発生技術及びスペクトラム解析技術）を実現する。

(3) 目標の達成状況

4 年間の研究開発を通じて、各要素技術について以下のとおり個別の到達目標を高いレベルで達成した。また、各要素技術を統合したスペクトラム測定系を構築、実証を行い、110GHz～140GHz のスペクトラム評価に有効であることを確認した。また、これらの技術の確立により、100GHz を超える高い周波数帯域の無線信号を高精度に測定可能な測定技術を実現し、ミリ波帯等の高い周波数への移行の促進と当該周波数における複数無線システムの稠密配置の実現に寄与することで、所期の目標を達成した。

技術の種類	目標の達成状況
100GHz 超無線信号の周波数変換技術	<p>○低変換損失かつ低雑音で、100GHz 超の帯域の無線信号を測定が容易な周波数に変換可能とする 100GHz 超無線信号の周波数変換技術を開発した。主な開発内容は、以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・導波管内に間隔を変化できる 2 つの部分透過鏡を配置して共振器を構成する世界初的方式により、110GHz～140GHz でチューニング可能なミリ波フィルタを開発した。 ・光電気変換式信号発生装置により生成した 100GHz を超える無線信号をローカル信号として用いる試作装置の評価を実施し、周波数変換部の変換損失 40dB 以下を達成した。 ・低損失な導波管変換技術と直接 IC チップ裏面を基板表面に接続する技術を開発し、安定で低損失な高周波部品実装技術を確立した。合わせて、増幅回路の一形式であるゲート接地回路を適用することにより、低雑音の増幅技術を確立した。 ・これらの技術を用いて、110GHz～140GHz の所望周波数の信号をフィルタで選択して、既存の測定器で周波数解析が可能な 30GHz 程度以下の信号に変換する低損失、低雑音な周波数変換技術を実現した。
100GHz 超の局部発振信号発生技術及び高安定基準信号発生技術	<p>○周波数変換技術の実現に不可欠な低雑音の基準信号の生成を可能とする 100GHz 超の局部発振信号発生技術及び高安定基準信号発生技術を開発した。主な開発内容は、以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・広帯域の光変調器と受光器を用いた光電気変換式の周波数通倍器の試作、評価を通じて、100GHz を超えるローカル信号として出力レベル+13dBm（20mW）以上を達成した。また、この方式により低調波びずみを抑えた信号生成が可能であることを明らかにした。 ・10GHz 程度で急峻な共振特性を持つ共振器を用いて、位相雑音を抑圧した低位相雑音発振器を開発し、周波数変換に十分な電力の 100GHz を超える低雑音なローカル信号の発生技術を実現した。 ・光電気変換式の周波数通倍器のローカル信号源以外の利用方法として、変調信号を入力することによって 100GHz 超の変調信号発生装置としても使用できることを実証した。 ・光電気変換式の周波数通倍器への光入力電力に基づいて、出力されるミリ波信号電力を推定する方法を提案し、測定困難な 100GHz を超えるミリ波信号電力に対する基準電力信号源としての利用可能性を示した。

スペクトラム解析技術	<p>○100GHz 超帯の無線信号の周波数解析を可能とするスペクトラム解析技術を確立した。主な開発内容は、以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・110GHz～140GHz に対応したスペクトラム測定系を構築し、実証評価を行った。 ・70GHz～90GHz に対応したスペクトラム測定系の構築、評価を実施し、要素技術の周波数拡張性を確認した。 ・120GHz 帯 TV 映像伝送装置、90GHz 帯通信実験系の開発を行っている機関と協同して、これらの出力信号をスペクトラム測定系で実測し、実信号に対しても簡便な操作で短時間に測定可能であることを確認した。
------------	---

3 政策効果の把握の手法及び政策評価の観点・分析等

研究開発の評価については、各要素技術における目標の達成状況、論文数や特許出願件数などの指標が用いられ、これらを基に専門家の意見を交えながら、必要性・効率性・有効性等を総合的に評価するという手法が多く用いられている。

上述の観点に基づき、「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 27 年 6 月 26 日）において、目標の達成状況等に関して外部評価を実施し、政策効果の把握に活用した。

また、外部発表や特許出願件数等も調査し、必要性・有効性を分析した。

○研究開発による特許・論文・研究発表実績

主な指標	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	合計
査読付き誌上发表論文数	0 件 (0 件)	2 件 (2 件)	1 件 (0 件)	2 件 (2 件)	5 件 (4 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0 件 (0 件)	4 件 (4 件)	5 件 (5 件)	6 件 (6 件)	15 件 (15 件)
その他の誌上发表数	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)	3 件 (0 件)	1 件 (0 件)	5 件 (0 件)
口頭発表数	6 件 (0 件)	11 件 (0 件)	9 件 (0 件)	13 件 (1 件)	39 件 (1 件)
特許出願数	3 件 (0 件)	15 件 (3 件)	17 件 (11 件)	16 件 (4 件)	51 件 (18 件)
特許取得数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	3 件 (0 件)	3 件 (1 件)	6 件 (1 件)
国際標準提案数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
国際標準獲得数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)
受賞数	0 件 (0 件)	2 件 (1 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	2 件 (1 件)
報道発表数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	2 件 (1 件)	2 件 (1 件)
報道掲載数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)

注 1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注 2：「査読付き誌上发表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読 (peer-review (論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの))のある出版物に掲載された論文等 (Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む)を計上する。

注 3：「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集 (電子媒体含む)に掲載された論文等 (ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。)を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等 (電子情報通信学会技術研究報告など)は、「口頭発表数」に分類する。

注 4：「その他の誌上发表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等 (査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む)を計上する。

注 5：PCT (特許協力条約) 国際出願については出願を行った時点で、海外分 1 件として記入。(何カ国への出願でも 1 件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注 6：同一の論文等は複数項目に計上しない。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しない。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行っ

たのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。

観点	分析
必要性	<p>無線システムの高い周波数帯への移行に伴い、家庭内のワイヤレスブロードバンド化を実現する WPAN (Wireless Personal Area Network)、ミリ波帯無線システムの利用、更に 100GHz 超の無線システムに対するニーズが高まっている一方で、60, 70GHz 帯の無線システムの 2 次高調波や 100GHz 超の周波数帯における無線信号については、高感度かつ高精度な測定技術が確立されていない。</p> <p>今後もミリ波帯等の未利用周波数帯の電波利用は飛躍的にそのニーズを増すものと予測されるが、その利用をさらに促進するとともに、これら周波数帯における電波の効率利用を実現するためには、厳密な技術基準の策定やその適合性確認のための試験方法の導入が必要であり、100GHz 超帯域の無線信号に関して高精度かつ高効率な測定技術を確立することが不可欠である。</p> <p>よって、本研究開発には必要性があったと認められる。</p>
効率性	<p>これまで利用が進んでいない高い周波数帯の無線信号の高精度測定に必要不可欠な要素技術が確立できることとなり、未利用周波数帯への移行促進に大きく寄与するとともに、投資に対する効果も大きく、目標を達成するための効率的かつ効果的な手段となっている。</p> <p>本研究開発の実施に当たり、外部の有識者、本技術のユーザーとなり得る官公庁や民間会社を含んだ研究開発運営委員会を設置し、研究開発全体の方針や進め方、成果の取りまとめ方等について指導を受けるなど、外部専門家の専門知識やユーザー省庁等からの意見等を活用し、より効率的な研究開発を実施した。</p> <p>また、予算要求段階、公募実施の前段階、提案された研究開発提案を採択する段階、研究開発の実施段階及び研究開発の終了後における、実施内容、実施体制及び予算額等について、外部専門家・外部有識者から構成される評価会において評価を行い、効率的に実施した。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があったと認められる。</p>
有効性	<p>100GHz 超の未利用周波数帯の無線信号を高精度かつ高効率に測定可能とする技術が確立され、この帯域における厳密な技術基準の策定やその適合性確認のための試験方法への適用などが実現可能となった。これにより、車載用レーダーや大容量伝送が必要な無線通信システム等のミリ波帯等の高い周波数帯への移行促進や普及のために必要不可欠となる同一周波数帯における複数無線システムの稠密な配置の実現が期待できる。</p> <p>また、外部専門家・外部有識者から構成される評価会における研究開発成果の目標達成状況に関して、当初の目標を十分に達成したと評価されている。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があったと認められる。</p>
公平性	<p>本研究開発の成果は、100GHz 超の未利用周波数帯への活用に大きく寄与するものであることから、広く無線局免許人や無線通信の利用者の利益となる。</p> <p>また、本研究開発の実施に当たっては、開示する基本計画に基づき広く提案公募を行い、提案者と利害関係を有しない複数の有識者により審査・選定した。</p> <p>よって、本研究開発には、公平性があったと認められる。</p>
優先性	<p>周波数のひっ迫の解消やスーパーハイビジョン (4K/8K) 等の大容量無線通信システム等の実現のため、100GHz 超の周波数帯における無線システムの導入のニーズが高まっている。周波数のひっ迫は深刻化しており、また、新たな技術の導入のためにも 100GHz 超の周波数帯での無線信号の高精度測定の実現が不可欠であり、喫緊の課題となっている。</p> <p>本研究開発は、その課題を克服するものであり、本研究開発には、優先性があったと認められる。</p>

4 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発により、100GHz 超の周波数帯における無線信号の高精度かつ高効率に測定を可能とする技術が確立されるとともに、電波利用ニーズの高まり等によるミリ波帯等の高い周波数帯への移行の促進と、当該周波数帯において電波の有効利用のために複数の無線システムを現状よりも稠密に配置するために必要な技術が実現されており、目標を達成できた。また、特許出願や標準化に向けた活動なども着実に実施されるなど、目標を達成できている。これらのことから、本研究開発の有効性、効率性等が認められた。

<今後の課題及び取組の方向性>

研究成果の実用化を加速するため、放送事業者や国内認証機関、通信メーカー等と共に汎用測定器としての製品化に向けた課題を検討する。さらに、スーパーハイビジョン (4K/8K) 等のアプリケーションの実用化と連携して、本技術の実用化の取組を推進するとともに、利用者への周知広報

や国際標準化活動の強化等に努める。本技術の実用化により、100GHz 超の周波数帯のより一層の利活用を進め、我が国の周波数の利用効率のより一層の向上を目指す。

5 学識経験を有する者の知見の活用

「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 27 年 6 月 26 日）において、目標の達成状況や得られた成果等、実施体制の妥当性及び経済的効率性、実用化等の目途等について外部評価を実施し、外部有識者から以下の御意見等を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

- ・ いずれの目標も達成しており、優れた成果を挙げている。
- ・ 100GHz を超える 110～140GHz の周波数帯域における高感度・高精度なスペアナ技術を実現するという目標（変換利得、帯域幅、周波数安定度など）を達成していると考えられる。
- ・ 110GHz～140GHz 測定を実証し、全ての目標を達成した。
- ・ 当初目標としていた課題は数値的に明確であり、終了時に全ての課題を達成している。

6 評価に使用した資料等

○電波資源拡大のための研究開発の実施

<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/index.htm>

○電波政策ビジョン懇談会 最終報告書（平成 26 年 12 月）

http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000151.html

○新成長戦略（閣議決定 平成22 年 6 月）

<http://www.kantei.go.jp/jp/sinseichousenryaku/sinseichou01.pdf>

○情報通信審議会答申 我が国の国際競争力を強化するための ICT 研究開発・標準化戦略

http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/2008/080627_6.html#bs1

○電波新産業創出戦略～電波政策懇談会報告書～（平成21 年 7 月）

http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02kiban09_090713_1.html